

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re U.S. Patent Application of )  
ITO et al )  
Application Number: To be Assigned )  
Filed: Concurrently Herewith )  
For: MAGNETIC HEAD FOR PERPENDICULAR )  
RECORDING )  
ATTORNEY DOCKET NO. HITA.0427 )

Honorable Assistant Commissioner  
for Patents  
Washington, D.C. 20231

**REQUEST FOR PRIORITY  
UNDER 35 U.S.C. § 119  
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

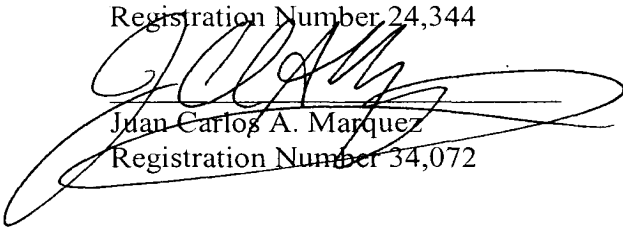
Sir:

In the matter of the above-captioned application for a United States patent, notice is hereby given that the Applicant claims the priority date of September 9, 2002, the filing date of the corresponding Japanese patent application 2002-262225.

A certified copy of Japanese patent application 2002-262225 is being submitted herewith. Acknowledgment of receipt of the certified copy is respectfully requested in due course.

Respectfully submitted,

Stanley P. Fisher  
Registration Number 24,344

  
Juan Carlos A. Marquez  
Registration Number 34,072

**REED SMITH LLP**  
3110 Fairview Park Drive  
Suite 1400  
Falls Church, Virginia 22042  
(703) 641-4200  
**August 27, 2003**

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月 9日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-262225

[ ST.10/C ]:

[ JP 2002-262225 ]

出 願 人

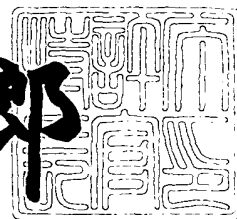
Applicant(s):

株式会社日立製作所

2003年 4月25日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3030694

【書類名】 特許願

【整理番号】 H02002511A

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/31

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 伊藤 顕知

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 川戸 良昭

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 望月 正文

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【電話番号】 03-3212-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 垂直記録用磁気ヘッド及びその製造方法、並びに垂直記録用磁気ヘッドを搭載した磁気ディスク装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

垂直記録ヘッドを有する磁気ヘッドにおいて、

該垂直記録ヘッドは、主磁極と、垂直磁気記録媒体と対向する前記主磁極の浮上面の反対側に設けられた第 1 のヨークとを有し、

前記第 1 のヨークの最も面積の広い主平面は前記浮上面と平行であり、

前記主磁極のリーディング側の面、トラック方向に略平行な第 1 の側面及び前記第 1 の側面と対向してトラック方向に略平行な第 2 の側面のうち少なくとも 1 つ以上は、垂直より傾斜していることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 2】

前記主磁極は、前記第 1 のヨークのうち最も面積の広い主平面の略中央部で、前記第 1 のヨークと接続されていることを特徴とする請求項 1 記載の磁気ヘッド。

【請求項 3】

前記主磁極を略中心として、前記主磁極に磁束を励磁するための少なくとも 1 ターンのコイルが形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の磁気ヘッド。

【請求項 4】

更に、磁気抵抗効果素子を有する再生ヘッドを有し、

前記再生ヘッドには、垂直磁気記録媒体から漏洩してきた磁束を導くための第 2 のヨークが形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の磁気ヘッド。

【請求項 5】

前記磁気抵抗効果素子は、前記主磁極の浮上面と平行に形成されていることを特徴とする請求項 4 記載の磁気ヘッド。

【請求項 6】

前記第 2 のヨークは 2 つの分離された磁性体で構成され、

前記 2 つの分離された磁性体それぞれが、前記再生ヘッドのトレーリング側及

びリーディング側に設置されていることを特徴とする請求項 4 記載の磁気ヘッド。

【請求項 7】

前記第 1 のヨークが、前記第 2 のヨークと兼用されていることを特徴とする請求項 4 記載の磁気ヘッド。

【請求項 8】

前記第 2 のヨークのリーディング側の面、トラック方向に略平行な第 1 の側面及び前記第 1 の側面と対向してトラック方向に略平行な第 2 の側面のうち少なくとも 1 つ以上は、垂直より傾斜していることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 9】

前記トレーリング側に設置されている磁性体は、トレーリング側の面、トラック方向に略平行な第 1 の側面及び前記第 1 の側面と対向してトラック方向に略平行な第 2 の側面のうち少なくとも 1 つ以上が垂直より傾斜しており、

前記リーディング側に設置されている磁性体は、リーディング側の面、トラック方向に略平行な第 1 の側面及び前記第 1 の側面と対向してトラック方向に略平行な第 2 の側面のうち少なくとも 1 つ以上が垂直より傾斜していることを特徴とする請求項 6 記載の磁気ヘッド。

【請求項 10】

前記主磁極の浮上面と、リーディング側に位置する前記主磁極の面との角度  $\theta$  が、20度以上65度以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れか 1 項に記載の磁気ヘッド。

【請求項 11】

前記主磁極の浮上面と垂直な面と、垂直磁気記録媒体の回転方向と直交する方向に位置する前記主磁極の面との角度が20度以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れか 1 項に記載の磁気ヘッド。

【請求項 12】

前記主磁極の体積  $V1$  と前記第 1 のヨークの体積  $V2$  との比  $V2/V1$  は、10以上であることを特徴とする請求項 1 乃至 11 の何れか 1 項に記載の磁気ヘッド。

【請求項 13】

少なくとも基板上に軟磁性裏打ち層及び記録層を有する垂直磁気記録媒体と、垂直記録ヘッドを有する磁気ヘッドとを備える磁気ディスク装置において、

該垂直記録ヘッドは、主磁極と、垂直磁気記録媒体と対向する前記主磁極の浮上面の反対側に設けられた第 1 のヨークとを有し、

前記第 1 のヨークの最も面積の広い主平面は前記浮上面と平行であり、

主磁極のリーディング側の面、トラック方向に略平行な第 1 の側面及び前記第 1 の側面と対向してトラック方向に略平行な第 2 の側面のうち少なくとも 1 つ以上は、垂直より傾斜していることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項 1 4】

垂直記録ヘッドを有する磁気ヘッドであり、該垂直記録ヘッドは、主磁極と、垂直磁気記録媒体と対向する前記主磁極の浮上面の反対側に設けられた第 1 のヨークとを有し、前記第 1 のヨークの最も面積の広い主平面は前記浮上面と平行であり、主磁極のリーディング側の面、トラック方向に略平行な第 1 の側面及び前記第 1 の側面と対向してトラック方向に略平行な第 2 の側面のうち少なくとも 1 つ以上は、垂直より傾斜していることを特徴とする磁気ヘッドを製造するに際し、

主磁極先端の少なくともトレーリング側において、媒体対向面から基板方向に向かいテーパ形状を形成するエッチング工程、基板面と略平行な媒体対向面を形成する平坦化工程を含む工程により主磁極を形成することを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 1 5】

更に、基板面もしくは媒体対向面に略平行な面内を周回する励磁コイルを形成工程を含む工程により主磁極を形成することを特徴とする請求項 1 4 記載の磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、垂直記録用の磁気ヘッド、その製造方法、並びに垂直記録用の磁気ヘッドを搭載した磁気ディスク装置に関するものである。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

磁気ディスク装置の面記録密度は増大の一途をたどり、2003年には1インチあたり100ギガビットに到達すると予想されている。しかしながら、現状の面内記録方式では、記録されるビット長が小さくなると、媒体の磁化の熱揺らぎのために面記録密度があげられない問題がある。この問題を解決するために媒体に垂直な方向に磁化信号を記録する垂直記録方式が注目されている。特に、磁気記録媒体として軟磁性裏打ち層を有する垂直記録媒体を用い、記録には単磁極ヘッドを用いる垂直記録方式は、熱揺らぎに強くかつ強い記録磁場は発生できる方式として、将来の超高密度の磁気記録方式として期待を集めている。

## 【 0 0 0 3 】

例えば、2001年1月に米国、サンアントニオで開催された第8回のスリーエム・インターマグのジョイントコンファレンスのCA-01では、面記録密度60ギガビットパー平方インチの垂直記録が報告されている。磁気ヘッド浮上面垂直記録方式においても、面記録密度の上昇とともに記録ビットが小さくなると、記録に用いる単磁極ヘッドの磁気記録媒体に対向する浮上面の面積を小さくする必要がある。しかし、単磁極ヘッドの浮上面の面積を小さくすると、ほぼその面積に反比例して発生できる磁界強度が減少し、十分な記録を行うことができなくなってしまう。

## 【 0 0 0 4 】

これを解決する第1の方法は、単磁極ヘッドを構成する磁性材料の飽和磁束密度 $B_s$ を大きくことであるが、磁性材料の飽和磁束密度 $B_s$ の理論限界値は3.0テスラであり、現在用いられている材料の1.5倍に過ぎず、将来の高密度化に対応できない。これを解決する第2の方法は、主磁極の形状を工夫することである。例えば公開特許公報2001-93112号では、垂直磁気ヘッドの主磁極の浮上面部に薄膜を設け、さらにその薄膜に微小な開口を設け、主磁極の一部がこの開口に延出した先端部を設けることにより、主磁極先端部における記録磁界を向上するという方法が開示されている。また、2001年8月に行われたザ・マグネティック・レコーディング・コンファレンスのテクニカルダイジェストの講演番号F5では、図1



に示されたように、従来の主磁極101、コイル102、副磁極103からなる単磁極ヘッドにおいて、主磁極のリーディングサイド105に、浮上面104と角度 $\theta$ をなすテーパ部を設けることにより、記録磁界強度を約20%程度増加させることができることが述べられている。また、同じく2001年8月に行われたザ・マグネティック・レコーディング・コンファレンスの講演番号P46では、図2のように、主磁極204の先端部に4面のテーパ部分203を設け、その上部に小さいな浮上面面積201を持つチップ202を設けることにより、従来限界とされていた飽和磁束密度 $B_s$ 以上の磁界を発生できることが開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来の提案には以下のような問題がある。

【0006】

垂直磁気ヘッドの主磁極の浮上面部に薄膜を設け、さらにその薄膜に微小な開口を設け、主磁極の一部がこの開口に延出した先端部を設ける方法では、主磁極先端部の突出量を精密に制御できるという利点はあるものの、発生可能な磁界強度は大きくするため突出部の長さを短くすると、突出部以外の部分から漏洩してくる磁界が増大し、高線記録密度での記録が行えないという課題が発生すると共に、隣接するトラックの情報を消去するという問題が生じる。

【0007】

また、図1のような、主磁極先端にテーパをリーディング側1面だけ設ける方法では、磁界増強の大きさが小さい。図2のような主磁極のすべての面にテーパを設ける方法では、磁界の広がりが極めて大きいため、ディスク回転方向の記録磁界勾配が小さく、高い線記録密度で書きこみが行えないばかりでなく、隣接するトラックの情報を消去するという問題が生じる。

【0008】

そこで、本発明では記録磁界強度を減少させずに、高い線記録密度及びトラック密度で記録可能な垂直記録用磁気ヘッドとその作製方法及びその垂直記録用磁気ヘッドを搭載した磁気ディスク装置を提供することを目的とする。

【0009】

## 【課題を解決するための手段】

上述の目的を達成するために、本発明に係る磁気ヘッド及び磁気ディスク装置は、垂直記録ヘッドを有する磁気ヘッドにおいて、該垂直記録ヘッドは、主磁極と、垂直磁気記録媒体と対向する前記主磁極の浮上面の反対側に設けられた第1のヨークとを有し、前記第1のヨークの最も面積の広い主平面は前記浮上面と平行であり、前記主磁極のリーディング側の面及びトラック方向に略平行な第1の側面、前記第1の側面と対向してトラック方向に略平行な第2の側面のうち少なくとも1つ以上は、垂直より傾斜していることを主な特徴とする。

## 【0010】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明について詳細に説明する。

## 【0011】

本発明では、軟磁性裏打ち層を有する垂直磁気記録媒体と、再生に磁気抵抗効果を用いた再生ヘッドを有し、記録に単磁極型垂直記録ヘッドを有する記録再生分離型薄膜磁気ヘッドにおいて、該垂直記録ヘッドは、主磁極を有し、前記垂直磁気記録媒体と対向する前記主磁極の浮上面の反対側に設けられたヨーク（第1のヨーク）を有する構成とし、該ヨークの最も面積の広い主平面が前記浮上面と平行であり、かつ、前記垂直磁気記録媒体の回転方向の上流側すなわちトレーリング側以外の前記主磁極の面のうち少なくとも1つ以上（言い換えると、前記主磁極のリーディング側の面、トラック方向に略平行な第1の側面及び前記第1の側面と対向してトラック方向に略平行な第2の側面のうち少なくとも1つ以上）を、垂直より傾斜させる構造とする。

## 【0012】

また、特に、前記主磁極が、前記ヨークの最も面積の広い主平面の略中央部で前記ヨークと接続されている構造とする。さらにまた、前記主磁極を略中心として、前記主磁極に磁束を励磁するための少なくとも1ターンのコイルを配置する。

## 【0013】

一方、前記垂直記録用磁気ヘッドにおいて、前記再生ヘッドを構成する磁性膜

ないし磁性多層膜が前記浮上面と平行に形成し、かつ前記再生ヘッドに前記垂直磁気記録媒体から漏洩してきた磁束を導くためのヨーク（第2のヨーク）を設ける。

## 【 0 0 1 4 】

さらに、特に、前記垂直記録用磁気ヘッドにおいて、前記再生ヘッドに前記垂直磁気記録媒体から漏洩してきた磁束を導くためのヨークを、2つの分離された磁性体で構成し、かつそれぞれの磁性体が、前記再生ヘッドの前記垂直磁気記録媒体の回転方向の上流側すなわちトレーリング側と下流側すなわちリーディング側に設置する。さらにまた、前記垂直記録用磁気ヘッドにおいて、前記主磁極に接続されているヨークが前記再生ヘッドに接続し、前記垂直磁気記録媒体から漏洩してきた磁束を導くためのヨークを兼用する構造とする。

## 【 0 0 1 5 】

さらにまた、前記垂直記録用磁気ヘッドにおいて、前記再生ヘッドに前記垂直磁気記録媒体から漏洩してきた磁束を導くためのヨークの、前記垂直磁気記録媒体の回転方向の上流側すなわちトレーリング側以外の前記ヨークの面のうち少なくとも1つ以上を、垂直より傾斜させる。

## 【 0 0 1 6 】

さらにまた、前記垂直記録用磁気ヘッドにおいて、前記再生ヘッドに前記垂直磁気記録媒体から漏洩してきた磁束を導くための第2のヨークが2つの分離された磁性体で構成され、かつそれぞれの磁性体が、前記再生ヘッドの前記垂直磁気記録媒体の回転方向の上流側すなわちトレーリング側と下流側すなわちリーディング側に設置されている。そして、トレーリング側に設置されている磁性体の形状は、リーディング側以外の面のうち少なくとも1つ以上（言い換えると、トレーリング側の面、トラック方向に略平行な第1の側面及び前記第1の側面と対向してトラック方向に略平行な第2の側面のうち少なくとも1つ以上）が垂直より傾斜し、リーディング側に設置されている磁性体の形状は、トレーリング側以外の面のうち少なくとも1つ以上（言い換えると、リーディング側の面、トラック方向に略平行な第1の側面及び前記第1の側面と対向してトラック方向に略平行な第2の側面のうち少なくとも1つ以上）が垂直より傾斜した構造とする。

## 【 0 0 1 7 】

更に、前記垂直記録用磁気ヘッドにおいて、前記主磁極の浮上面と前記垂直磁気記録媒体の回転方向の上流側すなわちリーディング側に位置する前記主磁極の面との角度 $\theta$ を25度以上65度以下に設定する。

## 【 0 0 1 8 】

あるいはまた、前記垂直記録用磁気ヘッドにおいて、前記主磁極の浮上面と垂直な面と、前記垂直磁気記録媒体の回転方向と直交する方向に位置する前記主磁極の面との角度 $\theta$ を20度以下に設定する。あるいはまた、垂直記録用磁気ヘッドにおいて、前記主磁極の体積 $V1$ と、前記ヨークの体積 $V2$ の比 $V2/V1$ が10以上に設定する。

## 【 0 0 1 9 】

以下、図面を用いて本発明を適用した磁気ヘッド、磁気ディスク装置について説明する。

## 【 0 0 2 0 】

図3に本発明を用いた垂直磁気ヘッドの概略図を示す（但し、図の拡大倍率は均一では無い）。図3(a)は断面図、図3(b)は平面図を示す。図3において、301は軟磁性裏打ち層、302は垂直記録媒体、303は垂直記録用磁気ヘッドの主磁極テーパー部、304は無機絶縁膜層、305は主磁極に磁束を励磁するためのコイル、306は主磁極本体である。本実施例では1ターンのコイルが、ほぼ主磁極本体を中心にして、かつ垂直磁気ヘッドの浮上面に平行に巻かれている例を示したが、コイルのターン数は2ターン以上でも構わない。

## 【 0 0 2 1 】

307は媒体表面と略平行に配置されたヨーク（第1のヨーク）、308は基板309上に形成されたヨーク埋め込みのための無機絶縁膜層、310は例えば、AMR、GMRないしTMR等の磁気抵抗効果を用いた再生ヘッド、311は再生ヘッドに垂直磁気記録媒体からの磁束を導くためのヨーク（第2のヨーク）、312はコイル埋め込みのための無機絶縁膜層である。以下、本垂直磁気ヘッドで得られる特性について、いくつかのグラフを用いて詳述する。

## 【 0 0 2 2 】

図4は、本発明の垂直磁気ヘッドにて発生される磁界の、ディスク円周方向の分布を示したものである。この例では、主磁極を構成する磁性体の飽和磁束密度Bsは2.0テスラであり、主磁極本体306の断面の寸法は、浮上面に平行な方向の断面が $1.64\mu\text{m} \times 1.64\mu\text{m}$ 、高さが $1.0\mu\text{m}$ 、テーパ部分303の高さは $0.63\mu\text{m}$ 、テーパ部分の角度 $\theta$ は $50^\circ$ 、テーパ部分先端の浮上面露出部分313の面積は $100\text{nm} \times 100\text{nm}$ である。またヨーク307の寸法は、厚さ $1\mu\text{m}$ 、大きさ $7 \times 7\mu\text{m}$ である。

## 【 0 0 2 3 】

図4(a)より、本実施例の垂直磁気ヘッドの最大磁界強度は、図2の公知例に相当する4面テーパ型の比べて3/4程度となるものの、Bsの90%以上という高い磁界強度が維持されており、図1の従来例に相当するリーディング側のみテーパになっているヘッドと比べて25%以上の大きな値が確保されている。また、垂直記録の記録ビットは垂直磁気ヘッドの主磁極のトレーリング側の磁界強度勾配によって、その線記録密度が決まるが、本実施例の垂直磁気ヘッドのトレーリング側の磁界勾配（図4中の矢印）は図1の従来例に相当するリーディング側のみテーパになっているヘッド以上であり、図2の公知例に相当する4面テーパ型に比べ極めて大きい。以上より、本実施例の垂直磁気ヘッドは高い磁界強度と、高い線記録密度の記録を可能とする大きな磁界勾配とが両立できる効果があることが分かる。

## 【 0 0 2 4 】

図5は、上記の実施例において、リーディング側のテーパ部分の角度 $\theta$ を変化させた場合の、最大磁界強度 $H_{z\_max}$ の変化である。図5より、 $\theta$ が $20^\circ$ から $65^\circ$ の範囲にあるとき、Bsの80%以上という高い磁界強度が得られることが分かる。

## 【 0 0 2 5 】

図6は、上記の実施例において、ディスク回転方向と垂直な方向に設けられた2面のテーパの、浮上面と垂直な面との角度 $\phi$ を変えた場合、ディスク回転方向と垂直な方向の磁界強度分布の半値幅がどのように変化するかを表したグラフである。

## 【 0 0 2 6 】

この場合、テーパ部分先端の浮上面露出部分313の幅は $100\text{nm}$ であるので、 $\phi$

が $20^{\circ}$ 以下であれば、磁界強度分布の半値幅はテーパ部分先端の浮上面露出部分313の幅の半分以下となり、磁気記録動作中に隣接トラックの情報を消去するという問題は発生しない。以上から、例えば、 $\theta$ を $50^{\circ}$ 、 $\phi$ を $20^{\circ}$ に設定すると、最大磁界は図4の場合より若干低下しBsの85%程度となるが、高い磁界強度、高い線記録密度の記録を可能とするディスク回転方向の大きな磁界勾配、隣接トラックの記録情報を消去しない良好な記録クロストーク特性のすべてを満足する垂直磁気ヘッドを提供できることがわかる。

## 【 0 0 2 7 】

図7は、本体部306、テーパ部303を合せた主磁極の体積V1に対するヨーク部307の体積V2の比を変化させた場合の最大磁界強度 $H_{z\_max}$ の変化を表した図である。これよりV2/V1が10を越えると、 $H_{z\_max}$ は一定になることが分かる。本実施例では、 $V1=3.3$ 立方 $\mu m$ であるから、V2は最小33立方 $\mu m$ とすればよい。ヨーク部307の厚さを1 $\mu m$ とすれば、ヨークの大きさは1辺5.7 $\mu m$ で十分となり、本実施例の垂直磁気記録ヘッドは極めて小型できることがわかる。このように、記録ヘッドの体積が小さく、かつコイルが1ターンと巻き数が小さいため、記録ヘッドの記録時の高周波特性も良好であり、将来の高転送速度を要求される磁気ディスク装置にも好適であると言える。

## 【 0 0 2 8 】

また図3に示す本発明の第一の実施例の再生ヘッド310は、以下のような特徴がある。再生ヘッド310は従来の磁気再生ヘッドと異なり、再生ヘッドを構成する磁性膜ないし磁性多層膜が前記浮上面と平行に形成されており、かつ前記再生ヘッド310に前記垂直磁気記録媒体302から漏洩してきた磁束を導くためのヨーク311が設けられている。

## 【 0 0 2 9 】

特に、本実施例では、前記ヨーク311が、2つの分離された磁性体で構成され、かつそれぞれの磁性体が、前記再生ヘッドの前記垂直磁気記録媒体の回転方向の上流側、すなわちトレーリング側と下流側すなわちリーディング側に設置されている。2つのヨーク311の間のギャップは、本再生ヘッドを搭載する磁気ディスク装置の、最小の周方向のピット長とほぼ同じ長さに加工されている。このようなヨ

ークを用いると、例えば、上向きの磁化で記録されたビット部分から漏洩した磁界は、そのビットの真上にある一方のヨークへ入り、再生ヘッド部分の磁性膜を通り、もう一方のヨークから、前記上向き磁化で記録されたビットに隣り合った、下向きの磁化で記録されたビットに吸いこまれる。

#### 【 0 0 3 0 】

このような構造にすることにより、まず第 1 に漏洩磁束の検出効率が上がり、高効率の再生ヘッドが構成できる。第 2 に、垂直記録媒体 302 から検出される波形が、従来の GMR ヘッドで再生される矩形の波形ではなく、従来の面内記録媒体から再生されるローレンツ型の再生波形となる。このため、信号の信号対雑音比 (SNR) を劣化させる不要な回路を必要とすることなく、従来の信号処理回路をそのまま用いることができるという効果が期待できる。

#### 【 0 0 3 1 】

図 8 に本発明を用いた第 2 の実施例である垂直磁気ヘッドの概略図を示す（但し、図の拡大倍率は均一では無い）。図 8 (a) は断面図、図 8 (b) は平面図を示す。図 8 において、301 は軟磁性裏打ち層、302 は垂直記録媒体、303 は垂直磁気ヘッドの主磁極テーパ部、304 は無機絶縁膜層、305 は主磁極に磁束を励磁するためのコイル、306 は主磁極本体である。

#### 【 0 0 3 2 】

本実施例では 1 ターンのコイルが、ほぼ主磁極本体を中心にして、かつ垂直磁気ヘッドの浮上面に平行に巻かれている例を示したが、コイルのターン数は 2 ターン以上でも構わない。801 は媒体表面と略平行に配置されたヨーク（第 1 のヨーク）、802 は磁束を還流させるための副磁極、308 は基板 309 上に形成されたヨーク埋め込みのための無機絶縁膜層、310 は例えば、AMR, GMR ないし TMR 等の磁気抵抗効果を用いた再生ヘッド、311 は再生ヘッドに垂直磁気記録媒体からの磁束を導くためのヨーク、312 はコイル埋め込みのための無機絶縁膜層である。本実施例では、主磁極部 303 及び 306 をヨーク 801 の一方の端部上に形成し、副磁極 802 をヨーク 801 の主磁極部と反対の端に設け、励磁能力をさらに上昇させているところに特徴がある。

#### 【 0 0 3 3 】

図9に本発明を用いた第3の実施例である垂直磁気ヘッドの概略図を示す（但し、図の拡大倍率は均一では無い）。図9(a)は断面図、図9(b)は平面図を示す。図9において、301は軟磁性裏打ち層、302は垂直記録媒体、303は垂直磁気ヘッドの主磁極テーパー部、304は無機絶縁膜層、305は主磁極に磁束を励磁するためのコイル、306は主磁極本体である。本実施例では1ターンのコイルが、ほぼ主磁極本体を中心にして、かつ垂直磁気ヘッドの浮上面に平行に巻かれている例を示したが、コイルのターン数は2ターン以上でも構わない。

## 【0034】

307は媒体表面と略平行に配置されたヨーク、308は基板309上に形成されたヨーク埋め込みのための無機絶縁膜層、310は例えば、AMR,GMRないしTMR等の磁気抵抗効果を用いた再生ヘッド、312はコイル埋め込みのための無機絶縁膜層、901は再生ヘッドに垂直磁気記録媒体からの磁束を導くためのヨーク（第2のヨーク）で、本実施例では、主磁極と略同じテーパー構造を有する1つのヨークで構成されている。

## 【0035】

図10に本発明を用いた第3の実施例である垂直磁気ヘッドの概略図を示す（但し、図の拡大倍率は均一では無い）。図10(a)は断面図、図10(b)は平面図を示す。図10において、301は軟磁性裏打ち層、302は垂直記録媒体、303は垂直磁気ヘッドの主磁極テーパー部、304は無機絶縁膜層、305は主磁極に磁束を励磁するためのコイル、306は主磁極本体である。

## 【0036】

本実施例では1ターンのコイルが、ほぼ主磁極本体を中心にして、かつ垂直磁気ヘッドの浮上面に平行に巻かれている例を示したが、コイルのターン数は2ターン以上でも構わない。1001は媒体表面と略平行に配置されたヨーク（第1のヨーク）、1002は磁束を還流させるための副ヨーク（第2のヨーク）、308は基板309上に形成されたヨーク埋め込み層、310は例えば、AMR,GMRないしTMR等の磁気抵抗効果を用いた再生ヘッド、312はコイル埋め込みのための無機絶縁膜層である。本実施例では、主磁極部303及び306に接続されたヨーク1002が、既に記載した2つの垂直磁気ヘッドと異なり、再生ヘッド308へ磁気記録媒体302からの磁束を引き込



む役割を兼ねているところに特徴があり、ヘッドの更なる小型化を行うことができる。

#### 【 0 0 3 7 】

図 1 1 に本発明の製造工程の概略図を示す(但し、図の拡大倍率は一定ではない。)。本製造工程は、図 3 の実施例 1 の製造工程であるが、それ以外の実施例の製造工程も概略同様である。まず、図 11(a)のように基板 309 (例えば Si、但しこれに限られるものではない) 上にヨーク 307 を形成し、その上に無機絶縁膜 308 を成膜し、ヨーク 307 の下面のところまでケミカルメカニカルポリッシング(CMP)等の研磨法を用いて平坦化する。

#### 【 0 0 3 8 】

無機絶縁膜は、従来用いられている Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の他に SiC, AlN, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiC, TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub> 等が使用可能である。次に、再生ヘッド 310 の磁性膜を成膜し、所定の大きさに加工し、さらに再生ヘッドに検出のために通電する電流を供する電極等(図 3 ならびに図 11 には陽には描かれていない)を形成した後、図 11(b)のようなレジストパターン 1101 を形成し、記録ヘッドの主磁極 306 ならびに再生ヘッドに磁束を導くヨーク 311 を、電界メッキ法またはスパッタ法等で形成する。

#### 【 0 0 3 9 】

次に、レジストを除去し、コイル 305 を形成した後、再度無機絶縁膜 312 を成膜し、図 11(c)のようにケミカルメカニカルポリッシング(CMP)等の研磨法を用いて平坦化する。

#### 【 0 0 4 0 】

次に、記録ヘッドの主磁極 306 ならびに再生ヘッドに磁束を導くヨーク 311 を形成する磁性膜上に、図 11(d)のようにテーパーエッチングを行うためのレジストパターン 1102 を形成する。

#### 【 0 0 4 1 】

次に、図 11(e)のように、このレジストパターンをマスクとして用いて、無機絶縁膜のエッチングをう。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を用いた場合は、エッチングガスとして BCl<sub>3</sub> または BCl<sub>3</sub> と Cl<sub>2</sub> 用の混合ガスを用いれば良い。他に AlN を用いた場合は、上記の塩素系ガスが良いが、エッチングしやすい Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiC, TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>, SiC, 等を用

いた場合は、フッ素系のCHF<sub>3</sub>、CF<sub>4</sub>、SF<sub>6</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>等を用いることができる。

【0042】

エッチング後、レジストを除去し、再度無機絶縁膜304を成膜し、図11(f)のようにケミカルメカニカルポリッシング(CMP)等の研磨法を用いて平坦化する。最後に、再生ヘッドヨーク311のギャップ部分をエッチングを用いて作製し、本発明の垂直記録用磁気ヘッドを製造を完了する。

【0043】

図12に本発明の垂直記録用磁気ヘッドを用いた磁気ディスク装置の概念の概略図を示す（但し、図の拡大倍率は均一では無い）。図12(a)は平面図、図12(b)は断面図である。磁気ディスク装置は、垂直記録媒体が形成された円板1202上に、サスペンションアーム1205の先端に固定されたスライダについている垂直記録用磁気ヘッド1203によって磁化信号の記録再生を行なう。記録信号生成及び垂直記録用磁気ヘッド1203によって再生された信号の処理は、記録再生回路1201にて行われる。また、所定の情報記録位置へのヘッドの移動は、ロータリーアクチュエータ1204によって行われる。

【0044】

【発明の効果】

本発明では、トレーリング側以外の主磁極を浮上面と適切な角度をなすテーパー形状にすると共に前記主磁極底面に最も面積の広い主平面が前記浮上面と平行であるヨークを設けること、具体的には、垂直記録ヘッドを主磁極と、前記垂直磁気記録媒体と対向する前記主磁極の浮上面の反対側に設けられたヨーク（第1のヨーク）とを備える構成とし、ヨークの最も面積の広い主平面が前記浮上面と平行であり、かつ、前記垂直磁気記録媒体の回転方向の上流側すなわちトレーリング側以外の前記主磁極の面のうち少なくとも1つ以上（言い換えると、前記主磁極のリーディング側の面、トラック方向に略平行な第1の側面及び前記第1の側面と対向してトラック方向に略平行な第2の側面のうち少なくとも1つ以上）を垂直より傾斜させる構造とする。これにより、強い磁界を発生させ、かつトレーリング側の磁界勾配が急峻な垂直記録用磁気ヘッドを有する磁気ヘッドを提供でき、また、この磁気ヘッドを搭載することにより、高い記録密度の磁気ディスク

装置を作製できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

ヘッドのリーディングサイトにテーパを設けた垂直記録用磁気ヘッドの従来例を示す図。

【図2】

単磁極ヘッドの4面にテーパを設けた垂直記録用磁気ヘッドの従来例を示す図。

【図3】

本発明の第1の垂直記録用磁気ヘッドの実施例を示す図。(a)は平面図。(b)は断面図。

【図4】

本発明の垂直記録用磁気ヘッドにて発生される磁界のディスク円周方向の分布を示した図。(a)は磁界の絶対値を示した図。(b)は規格化された磁界の値を示した図。

【図5】

本発明の垂直記録用磁気ヘッドのリーディング側のテーパ部分の角度 $\theta$ を変化させた場合の、最大磁界強度 $H_{z\_max}$ の変化を示した図。

【図6】

本発明の垂直記録用磁気ヘッドにおいて、ディスク回転方向と垂直な方向に設けられた2面のテーパの、浮上面と垂直な面との角度 $\phi$ を変えた場合、ディスク回転方向と垂直な方向の磁界強度分布の半値幅がどのように変化するかを表した図。

【図7】

本体部、テーパ部を合せた主磁極の体積 $V1$ に対するヨーク部の体積 $V2$ の比を変化させた場合の最大磁界強度 $H_{z\_max}$ の変化を表した図。

【図8】

本発明の第2の実施の垂直記録用磁気ヘッドの実施例を示す図。(a)は平面図。(b)は断面図。

【図9】

本発明の第3の実施の垂直記録用磁気ヘッドの実施例を示す図。(a)は平面図

。(b)は断面図。

【図10】

本発明の第4の実施の垂直記録用磁気ヘッドの実施例を示す図。(a)は平面図。  
。(b)は断面図。

【図11】

本発明の実施の形態における主磁極形成工程の概略図（但し、拡大倍率は均一ではない）。

【図12】

本発明の垂直記録用磁気ヘッドを搭載した磁気ディスク装置の概略図。(a)は平面図。(b)は断面図。

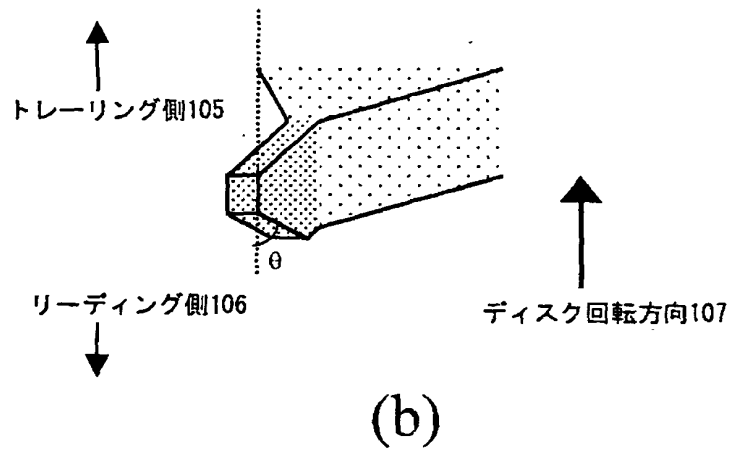
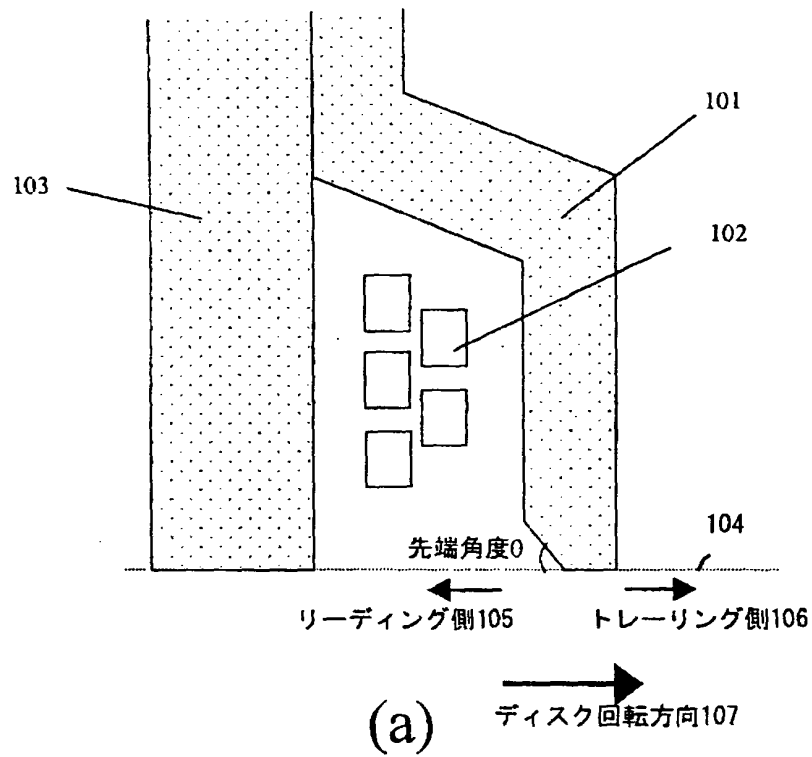
【符号の説明】

101…主磁極、102…コイル、103…副磁極、104…浮上面、201…浮上面面積、202…チップ、203…テパ部、204…主磁極、301…軟磁性裏打ち層、302…垂直記録媒体、303…主磁極テパ部、304…無機絶縁膜層、305コイル、306…主磁極本体、307…ヨーク（第1のヨーク）、308…無機絶縁膜層、309…基板、310…再生ヘッド、311…ヨーク（第2のヨーク）、312…無機絶縁膜層、801…ヨーク（第1のヨーク）、802…副磁極、901…ヨーク（第2のヨーク）、1001…ヨーク（第1のヨーク）、1002…ヨーク（第2のヨーク）、1101…レジスト、1102…レジスト、1201…記録再生回路、1202…円板、1203…磁気ヘッド、1204…ロータリーアクチュエータ、1205…サスペンションアーム。

【書類名】 図面

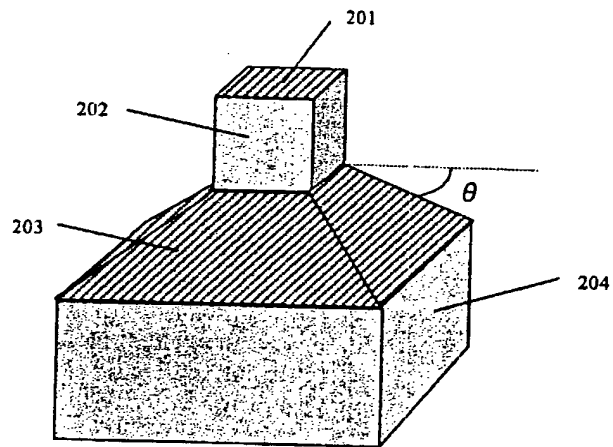
【図 1】

図 1



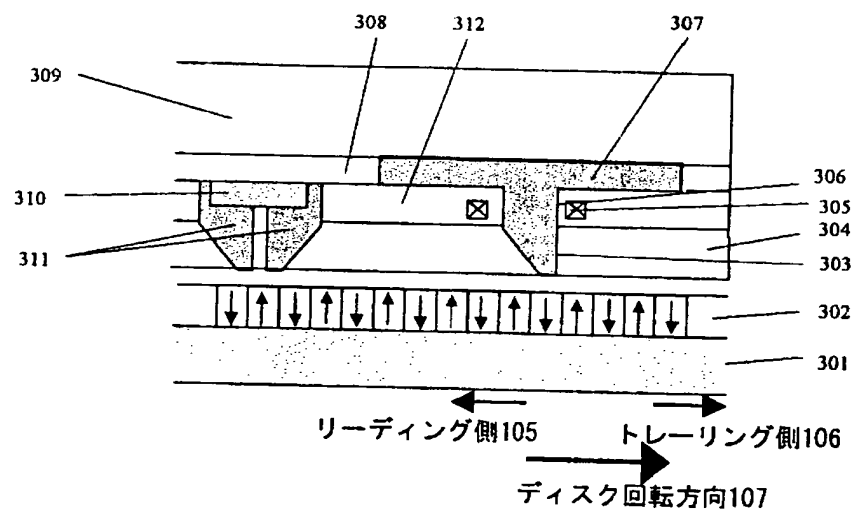
【図 2】

図 2

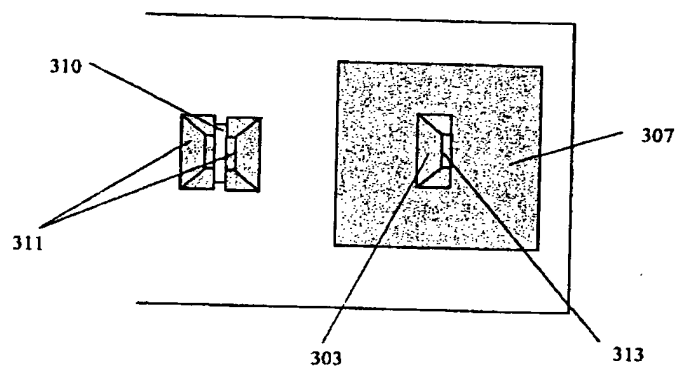


【図 3】

図 3



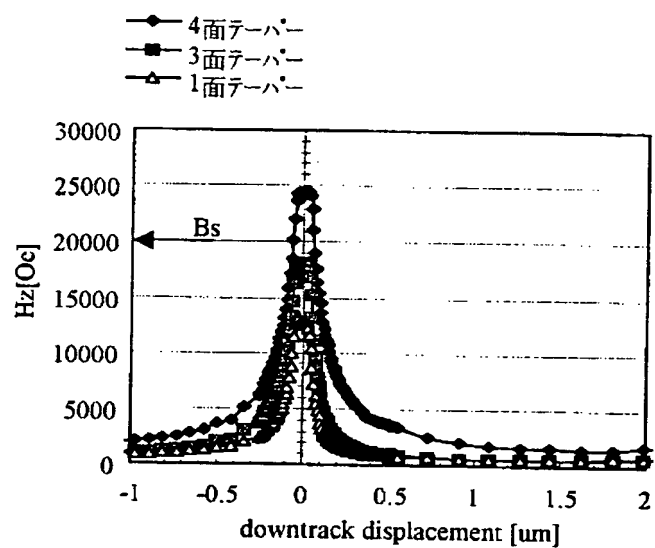
(a)



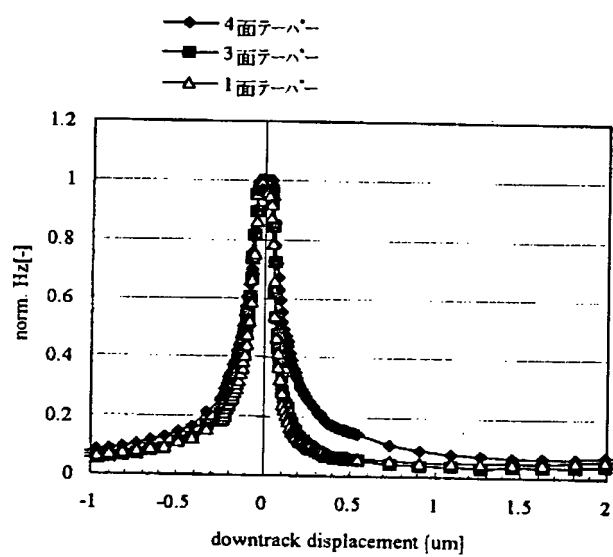
(b)

【図 4】

図 4



(a)

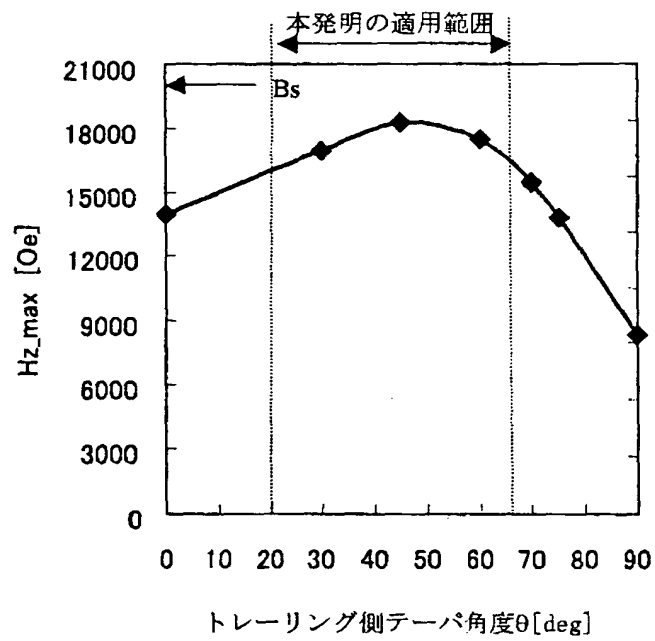


(b)



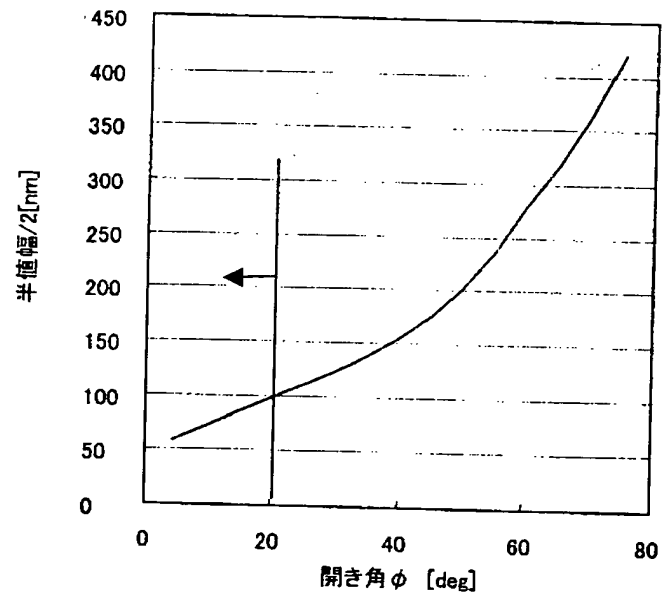
【図 5】

図5



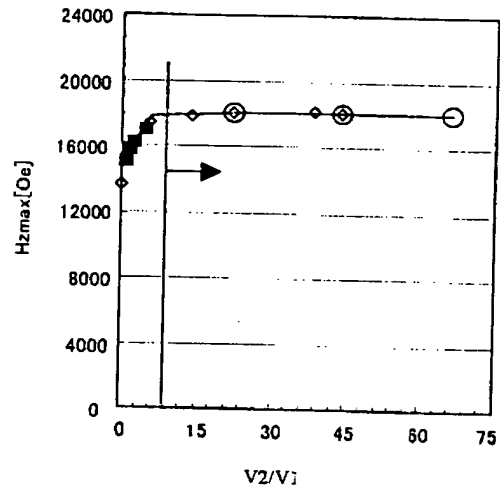
【図 6】

図 6



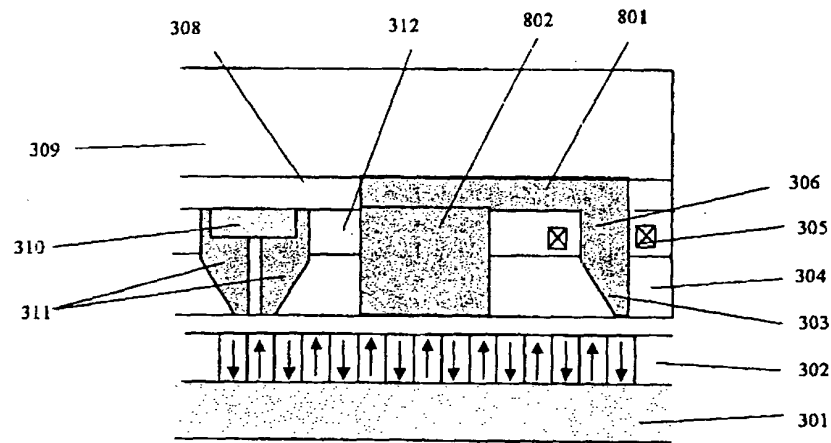
【図 7】

図 7

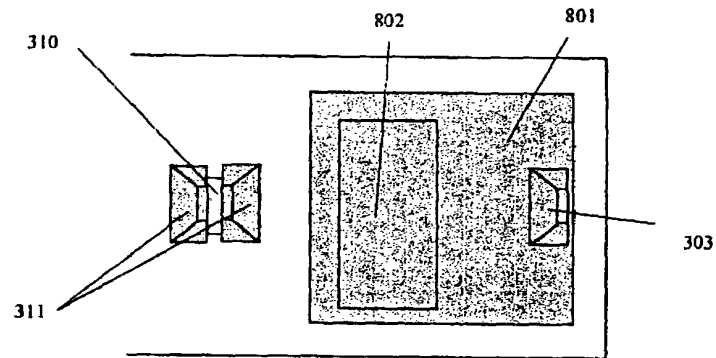


【図 8】

図 8



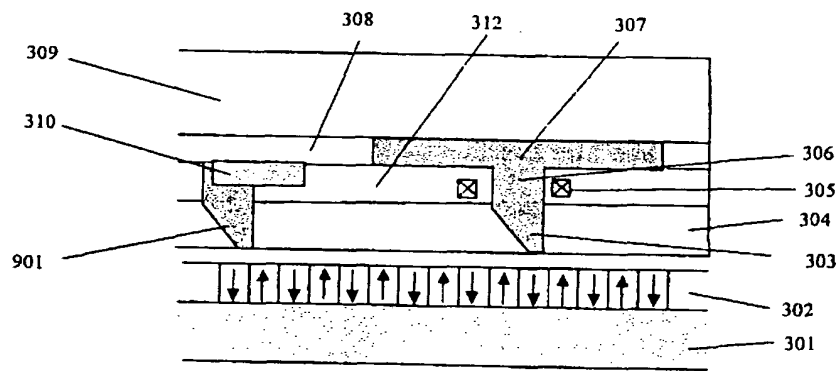
(a)



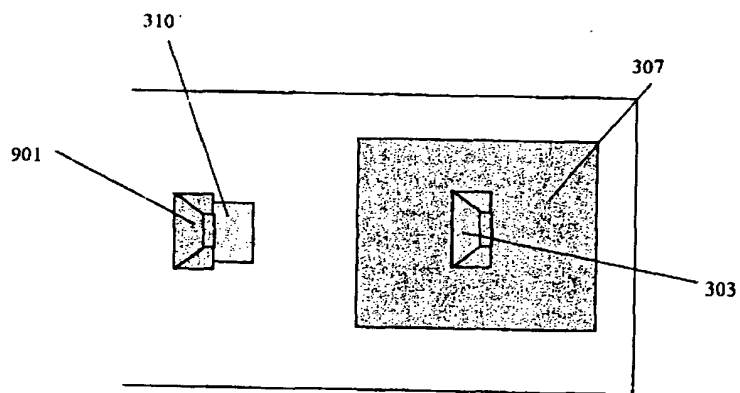
(b)

【図 9】

図 9



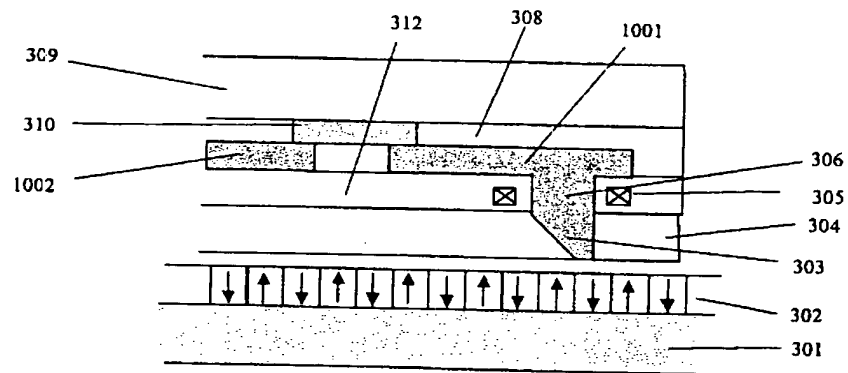
(a)



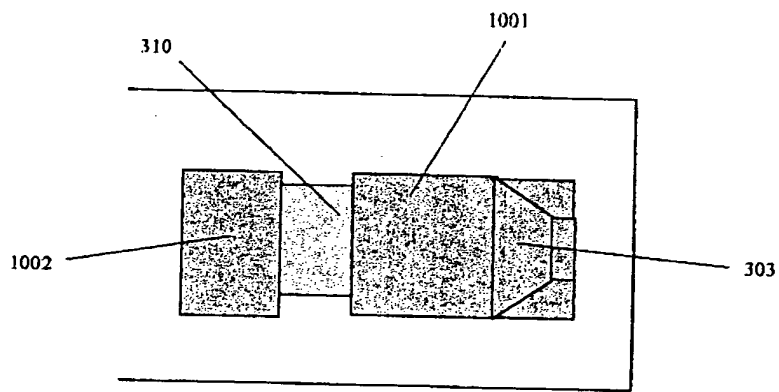
(b)

【図 1 0】

図 10



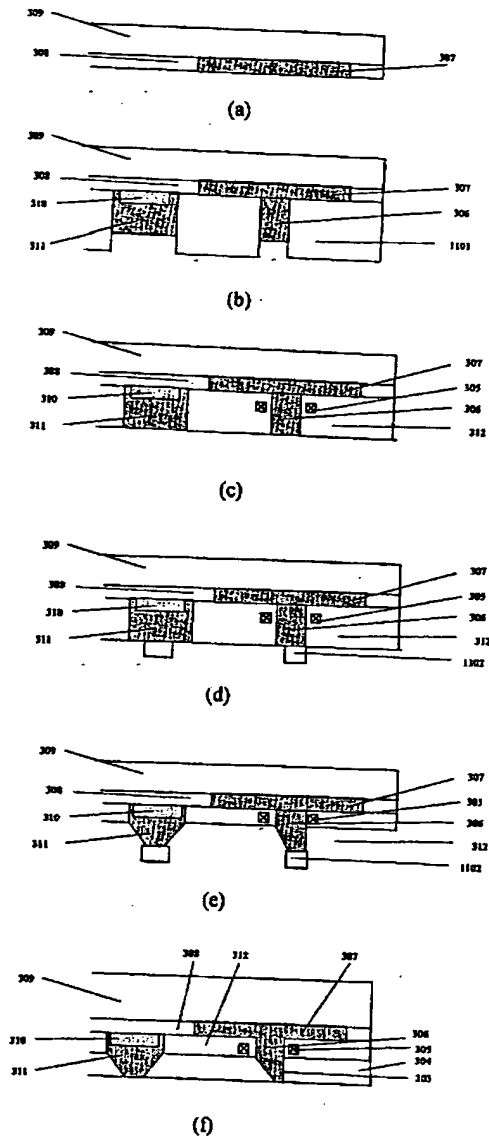
(a)



(b)

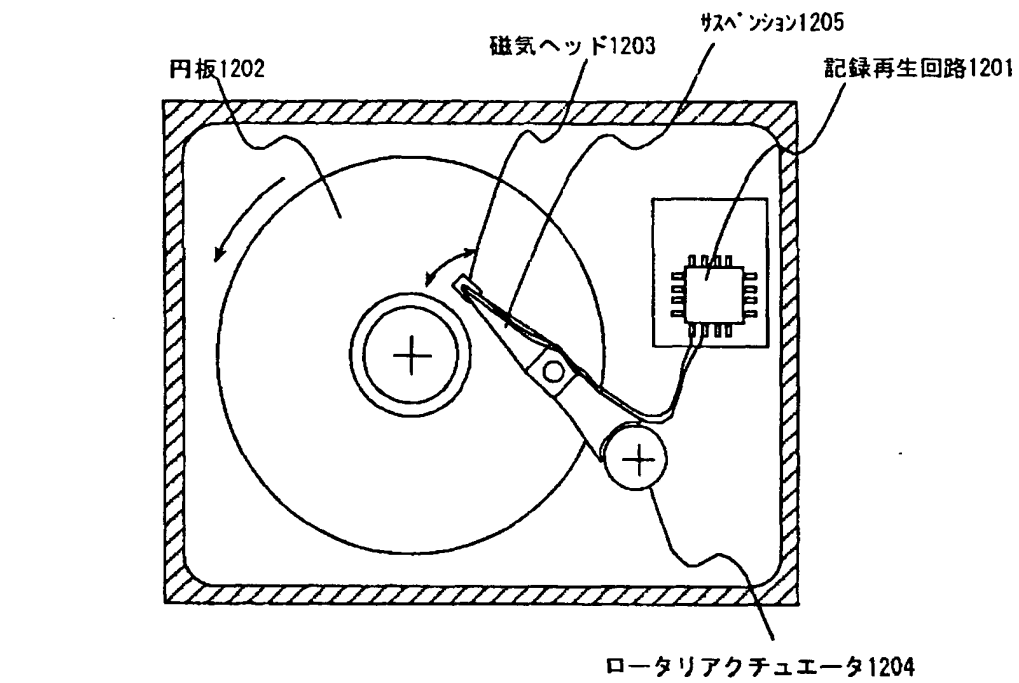
【図 11】

図 11

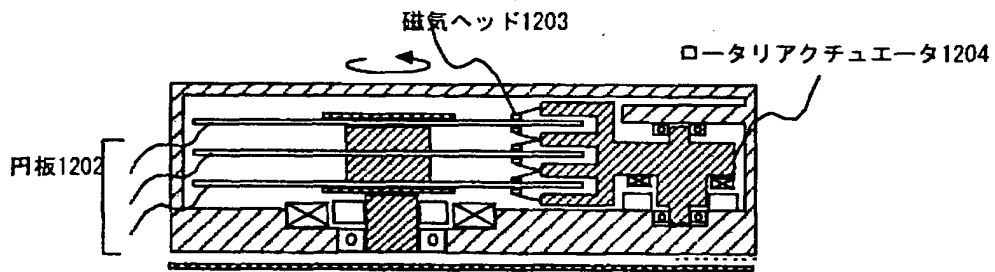


【図 1 2】

図 12



(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高い線記録密度及びトラック密度で記録可能な垂直記録用磁気ヘッドとその垂直記録用磁気ヘッドを搭載した磁気ディスク装置を提供する。

【解決手段】 垂直記録用磁気ヘッドのトレーリング側以外の主磁極を、浮上面と適切な角度をなすテーパー形状にし、かつ前記主磁極底面に最も面積の広い主平面が前記浮上面と平行であるヨークを設けることにより、強い磁界を発生させ、かつトレーリング側の磁界勾配が急峻な垂直記録用磁気ヘッドを提供する。また、本ヘッドを搭載することにより、高い線記録密度の磁気ディスク装置を作製できる。

【選択図】 図 3

認 定 ・ 付 加 情 報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 6 2 2 2 5
受付番号	5 0 2 0 1 3 4 1 5 4 2
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 4 年 9 月 1 0 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成14年 9月 9日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
氏 名 株式会社日立製作所